

## ネコ骨盤神経求心系の視床髄板内核群, 中脳網様体, および赤核への投射

金沢大学医学部脳神経外科学講座 (主任: 山本信二郎教授)

若 松 弘 一

(昭和61年2月4日受付)

副交感神経の求心系は感覚伝達系の機能の他に個体保存のための諸反射に必須の役割を果たし、その上位脳への投射には、毛帯外系が主要な経路をなすと考えられる。本研究は仙髄系副交感神経に属する骨盤神経の求心系についての検索を目的とし、浅麻酔非動化したネコ40匹において、骨盤神経の電気刺激による誘発電位を視床髄板内核群、中脳網様体、および中脳網様体のほぼ中央に位置する赤核から記録した。視床髄板内核群では主として正中中心核と束傍核から、陽一陰一陽性の3相性波が両側性に広範囲に記録された。初期陽性波の立ち上がり潜時は $20.1 \pm 2.8$  msec (mean  $\pm$  S. D.) ( $n=20$ ), 持続は $65.4 \pm 24.4$  msec, 振幅は $62.6 \pm 42.9$   $\mu$ Vであった。視床髄板内核群の基幹をなす正中中心核において、15 Hz以上の高頻度刺激で反応が消失し、連続2発刺激による回復過程で完全回復に400 msecの刺激間隔を要し、サイアミラールソディウムの経静脈的投与により反応が抑制され完全回復に120分を要した。骨盤神経刺激により最大の反応が得られる部位に電極を固定し、体表皮膚を電気刺激したところ、体表刺激による誘発電位が得られ、正中中心核への収束を認めた。中脳網様体では骨盤神経電気刺激により、背外側部の上丘深部と中心被蓋路の2つの領域から、陽一陰一陽性の3相性波が両側性に得られた。初期陽性波の立ち上がり潜時は前者では $15.6 \pm 1.9$  msec ( $n=15$ ), 後者では $16.5 \pm 3.2$  msec ( $n=15$ ), 持続は前者では $28.1 \pm 3.3$  msec, 後者では $34.2 \pm 4.4$  msec, 振幅は前者では $75.8 \pm 26.1$   $\mu$ V, 後者では $58.6 \pm 32.3$   $\mu$ Vであった。赤核では骨盤神経電気刺激により大細胞部分と小細胞部分の両部位から、陽一陰一陽性の3相性波が広範囲にわたって両側性に得られ、大細胞部分の内側腹側部では150  $\mu$ V以上の大きな振幅の反応が得られた。初期陽性波の立ち上がり潜時は $17.7 \pm 2.5$  msec ( $n=15$ ), 持続は $44.8 \pm 10.2$  msec, 振幅は $85.2 \pm 23.3$   $\mu$ Vであった。以上より、骨盤神経求心系は視床髄板内核群、中脳網様体、および赤核へ投射し、正中中心核への投射は体局在性を示さず、脳幹網様体を介した多シナプス性の反応であると推定される。

**Key words** pelvic nerve, intralaminar nuclei, centromedian nucleus, red nucleus, mesencephalic reticular formation.

骨盤神経は仙髄系副交感神経に属し、膀胱、直腸、および生殖器等に分布し、その求心系は排尿排便反射や骨盤神経腹圧反射<sup>1)2)</sup>に必須の役割を果たしている。さらにこの神経は尿意・便意のほか、骨盤内臓痛などの感覚の伝達に最も重要な役割を果たしている<sup>3)~5)</sup>。ネコによる検索では、山本ら<sup>1)2)4)6)~8)</sup>は骨盤神経の電気刺激による神経電気記録図で、その求心系がGroup IIおよびGroup IIIよりなると述べた。そして

腹圧反射を生ずる骨盤神経の求心系はGroup III線維群であり、主としてS<sub>1</sub>およびS<sub>2</sub>の後根を経て、脊髄側索を両側性に上行し、その主な反射中枢は延髄外側網様体に存在し、橋もまたこの反射に影響をもつと主張した。北村ら<sup>9)</sup>は、骨盤神経電気刺激によって脊髄におけるその求心系を検索し、誘発電位を上部頸髄では前側索から、下部胸髄では後側索から両側性に記録し、後索からは記録されなかったと述べた。永谷ら<sup>10)</sup>は、

Abbreviations: C G, central gray; C M, centromedian nucleus; C T T, central tegmental tract; D M, dorsomedial nucleus; F, frontal plane; H, horizontal position; L, lateral position; M R F, mesencephalic reticular formation; P f, parafascicular nucleus; R N m c,

骨盤神経の視床特殊核群への投射について電気刺激による誘発電位の方法を用い、後外側腹側核背外側部の限局した部位から両側性に反応を記録し、長谷川ら<sup>11)</sup>は、大脳皮質眼窩面に最も著明な反応を得、これはいづれも両側前側索の切截により消失することを認めた。したがって骨盤神経の上位への投射系路は、主に側索毛帯外系によるものと考えられる。

著者はネコ骨盤神経を電気刺激し、平均加算法を用いて誘発電位を記録することにより、毛帯外系に属する視床髄板内核群、中脳網様体、および中脳網様体のほぼ中央に位置する赤核への骨盤神経求心系の投射を検索した。

### 材料および方法

#### 1. 実験動物の準備

実験には体重2.5~4.3 kgの成ネコ40匹を使用した。サイアミラルソディウム20 mg/kg、またはペントバルビタールソディウム25 mg/kgの静脈内注射により麻酔導入し、股静脈にポリエチレンチューブを挿入、実験中の補液および薬剤投与の経路とした。各手術創には1%リドカインを注射した。気管切開を施し、パンクロニウムブロマイド0.1 mg/kgの静脈内注射により非動化した後、人工呼吸器に接続して間歇陽圧呼吸を維持した。維持麻酔としてはalpha-chloraloseを用い、実験中パンクロニウムブロマイドと共に適宜追加し、浅麻酔非動化の状態で実験を行なった。実験室の室温は27°C、湿度70%に保ち、動物は温水パッドにて直腸温35~38°Cに維持した。

#### 2. 骨盤神経および脳の露出と電極装着

Yamamotoら<sup>1)</sup>の方法に従って腹部正中切開を行ない、両側骨盤神経を露出し、直腸側壁の位置で電極間距離2 mmの銀線双極電極を装着して刺激電極とした。電極周囲にはミネラルオイルを含ませて、綿とパラフィン絶縁膜を置き、神経の乾燥、および電流漏洩による障害を避けた。骨盤神経に近接して存在する閉鎖神経は圧挫切断した。外尿道口から膀胱へカテーテルを挿入して導尿し、骨盤神経の電気刺激により膀胱内圧が上昇するのを確かめ、電流漏洩のない事を確認した後、腹壁を縫合し伏臥位として頭部を定位脳固定装置に固定した。固定器による圧点にも1%リドカインを注射した。頭部を正中切開し、歯科用ドリルおよび碎骨鉗子を用い、電極刺入に必要な部位を開頭し、硬膜を切開して脳表を露出した。露出した大脳皮質に

は37~38°Cに温めたミネラルオイルをおき冷却と乾燥を防いだ。体表皮膚の刺激には、電極間距離5 mmの鋼線刺激電極を顔面、前肢、後肢、肛門から外側2 cmの各皮膚に刺入して行なった。

#### 3. 神経の電気刺激および誘発電位の記録

骨盤神経と各皮膚の電気刺激にはアイソレーター(日本光電SS-101J)を介した電気刺激装置(日本光電SEN-1101)により、持続0.5 msecの矩形波電流を用いた。誘発電位の記録には、電極の刺入を容易にするために、カシュー塗料で絶縁した外径200  $\mu$ のスチールパイプに、直径50  $\mu$ のテフロンコーティングしたタングステン線を挿入し、その先端を約70  $\mu$ 突出させた単極電極を使用した。不関電極として銀製のネジを前頭骨上に装着した。誘発電位は、高入力インピーダンス前置増幅器(日本光電AVZ-8)、および時定数0.3秒に設定したRC増幅器(日本光電AVH-10)を用い、オシロスコープ(日本光電VC-10)で観察すると共に、電子計算機(日本光電ATAC-450)により50回平均加算し、X-Yプロッター(Hewlett packard 7225A plotter)を用いて記録した。記録電極はJasperら<sup>12)</sup>の脳地図に従って、マイクロマニピュレーターにより刺入した。

#### 4. 記録部位の確認

記録が終わった時点で、電極刺入の一か所において、記録電極を陰性として70  $\mu$ Aを60秒間直流通電し、電極先端に壊死巣を作製した。実験終了後脳を10%ホルマリンで固定し、セロイジン包埋したあと50  $\mu$ の連続切片を作製し、ニッスル染色を施して通電による壊死巣の位置を確認し、記録点の位置を補正した。

### 成 績

骨盤神経を閾値上の強さ(0.5 msec, 5 V, 1 Hz)で電気刺激した。記録した誘発電位はJasperら<sup>12)</sup>の脳地図に投射した。図1~6では基準面から前方の面をF、基準点より側方および上下方の位置をそれぞれL、Hで表わし、数字の単位はmmで示した。視床髄板内核群、中脳網様体、赤核の各部位から誘発電位が得られた。図1は基準面より前方7.5 mm, F 7.5の断面で、正中中心核(centromedian nuclens, CM)で反応を記録した。図2は基準面より前方7 mm, F 7.0の断面で、正中中心核、束傍核(parafascicular nucleus, Pf)、および赤核小細胞部分(parvocellular part of the red nucleus, RNpc)で反応を記録した。図3は基準面よ

magnocellular part of the red nucleus; R N p c, parvocellular part of the red nucleus; S<sub>1</sub>, first sacral nerve; S<sub>2</sub>, second sacral nerve; S C, superior colliculus; V B, ventrobasal complex; V P L, ventral posterolateral nucleus.

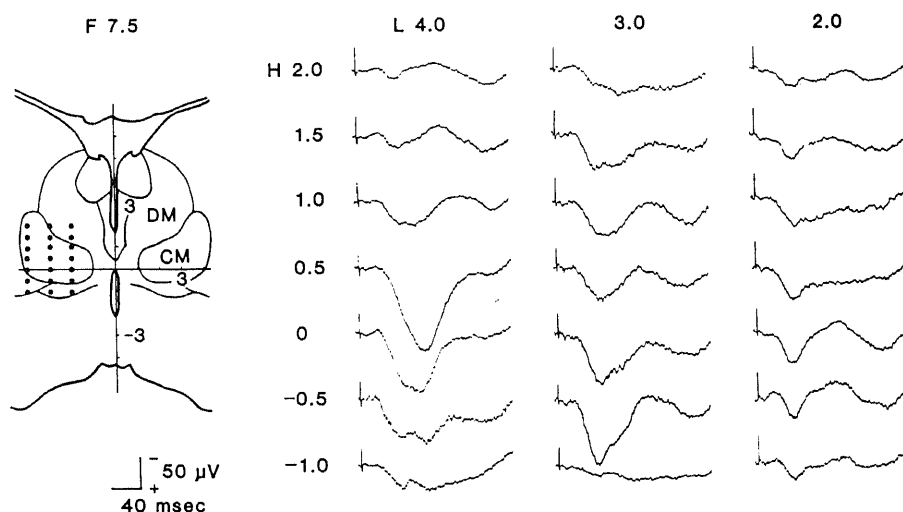


Fig. 1. Evoked potentials recorded in transverse section of F 7.5 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. Black dots indicate recorded sites. F 7.5 is the frontal plane of 7.5 mm ahead from the zero frontal plane. Horizontal positions above zero are indicated H 1.0, H 2.0, etc., while those below zero are designated H -0.5, H -1.0 in millimeters. Lateral positions to the left or to the right of the midline are designated L 2.0, L 3.0, etc. in millimeters.

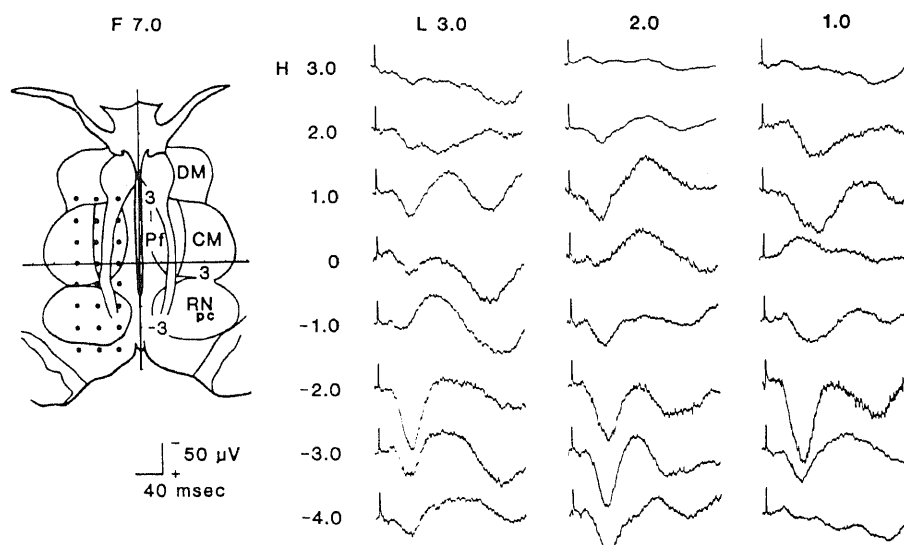


Fig. 2. Evoked potentials recorded in transverse section of F 7.0 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. Black dots indicate recorded sites. F 7.0 is the frontal plane of 7.0 mm ahead from the zero frontal plane. Horizontal positions above zero are indicated H 1.0, H 2.0, etc., while those below zero are designated H -1.0, H -2.0, etc. in millimeters. Lateral positions to the left or to the right of the midline are designated L 1.0, L 2.0, etc. in millimeters.

り前方5mm, F5.0の断面で, 赤核大細胞部分 (magnocellular part of the red nucleus, RNmc) で反応を記録した. 図4は基準面より前方4mm, F4.0の断面で, 中脳網様体 (mesencephalic reticular formation, MRF), 中心被蓋路 (central tegmental

tract, CTT), および赤核大細胞部分で反応を記録した. 図5は基準面より前方2mm, F2.0の断面で, 中脳網様体, 中心被蓋路で反応を記録した. 図6には, 図1~5までの各断面から記録した誘発電位の分布を, 第1陽性波の振幅別に示した.

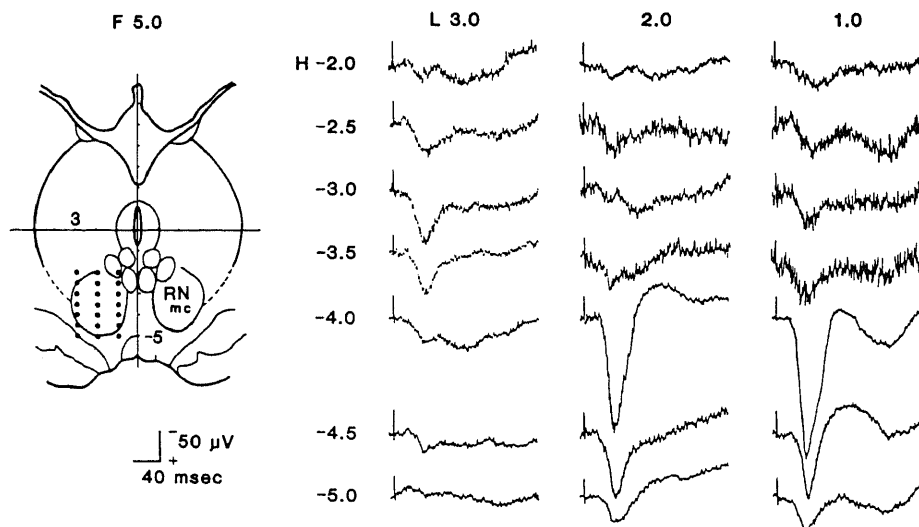


Fig. 3. Evoked potentials recorded in transverse section of F 5.0 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. Black dots indicate recorded sites. F 5.0 is the frontal plane of 5.0 mm ahead from the zero frontal plane. Horizontal positions below zero are designated H-2.0, H-3.0, etc. in millimeters. Lateral positions to the left or to the right of the midline are designated L 1.0, L 2.0, etc. in millimeters.

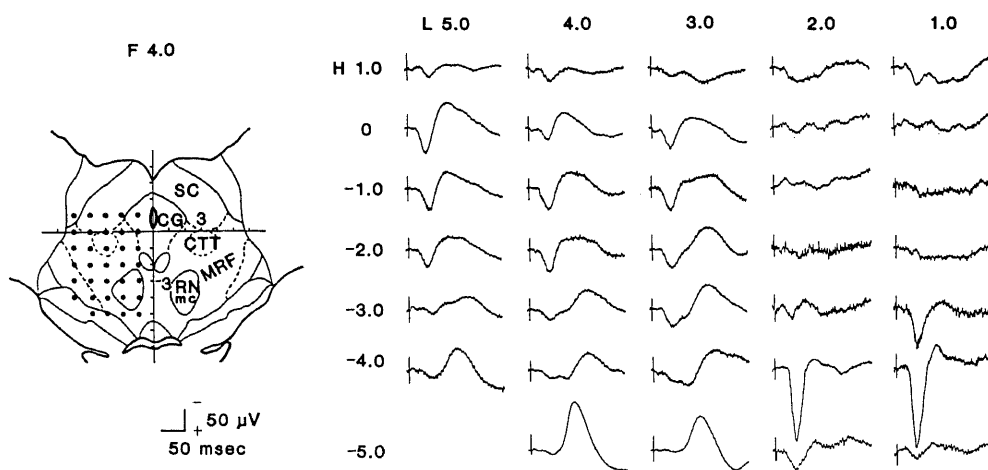


Fig. 4. Evoked potentials recorded in transverse section of F 4.0 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. Black dots indicate recorded sites. F 4.0 is the frontal plane of 4.0 mm ahead from the zero frontal plane. Horizontal position above zero is indicated H 1.0, while those below zero are designated H-1.0, H-2.0, etc. in millimeters. Lateral positions to the left or to the right of the midline are designated L 1.0, L 2.0, etc. in millimeters.

## 1. 視床髄板内核群における誘発電位

### 1. 誘発電位の波形, 分布, 潜時, 振幅

視床髄板内核群では, 反応が得られたのは主として正中中心核と束傍核においてであった。誘発電位の波形は基本的に陽-陰-陽性の3相性波であった。初期陽性波の振幅が $25\mu\text{V}$ 以上の誘発電位が得られた部位は広範囲にわたっていた(図1, 2, 6)。初期陽性波が $50\mu\text{V}$ 以上の大きな振幅の反応が得られた部位は, 尾側では中心から背側にかけて(図2, 6), 吻側では中心から腹側部にかけてであった(図1, 6)。反応は両側性に得られ, 対側刺激の場合, 初期陽性波の立ち上がり潜時は $20.1 \pm 2.8\text{ msec}$  (mean  $\pm$  S.D.) ( $n=20$ ), 頂点潜時は $35.6 \pm 9.1\text{ msec}$ , 持続は $65.4 \pm 24.4\text{ msec}$ , 振幅は $62.6 \pm 42.9\mu\text{V}$ であった(表1)。陰性波と第2陽性波の潜時と振幅については各実験により変動が大きかった。同側骨盤神経刺激による反応の初期陽性波の立ち上がり潜時は, 対側刺激の反応のそれに近似しており, 振幅は対側刺激によるその平均75.8%とやや小さかった。

### 2. CM での誘発電位の検討

骨盤神経電気刺激によりCMで得られた誘発電位をさらに検討するために, 典型的な波形で最大の反応が得られた位置に記録電極を固定し, 以下のような実験を行なった。

1) 表在皮膚節の電気刺激による誘発電位との比較  
顔面, 前肢, 後肢, 肛門から外側2cmの各体表皮膚節および骨盤神経をそれぞれ電気刺激したさいの誘発

電位を図7に示した。各体表刺激は骨盤神経刺激と同じパラメーターで行なった。各体表刺激による誘発電位が記録され, CMへの収束が認められた。初期陽性波の立ち上がり潜時および振幅はそれぞれ, 顔面刺激で $9.2\text{ msec}$ ,  $118\mu\text{V}$ , 前肢刺激で $13.4\text{ msec}$ ,  $190\mu\text{V}$ , 後肢刺激で $16.8\text{ msec}$ ,  $152\mu\text{V}$ , 肛門周囲刺激で $15.8\text{ msec}$ ,  $193\mu\text{V}$ , 骨盤神経刺激で $17.5\text{ msec}$ ,  $110\mu\text{V}$ であり, 立ち上がり潜時は骨盤神経刺激の場合で最も長く, 振幅は骨盤神経刺激の場合で最も小さかった。

### 2) 刺激の強さによる誘発電位の変化

骨盤神経に与える刺激電圧を種々に変化させることによる誘発電位の変化を図8に示した。刺激電圧を高めていくと0.6Vで初めて有意な反応が得られ, さらに刺激電圧を高めると反応の振幅が増大するが, 5V以上ではもはや増強は認めなかった。立ち上がり潜時については, 0.6Vでは $26.3\text{ msec}$ と長かったが1V以上では $19.2\text{ msec}$ で変化はみられなかった。

### 3) 高頻度刺激による誘発電位の変化

骨盤神経に閾値上の電気刺激を種々の頻度で与え, それによる誘発電位の変化を図9に示した。0.5 Hz刺激と1 Hz刺激では反応に著変を認めないが, それ以上の刺激頻度では振幅は減少した。1 Hz刺激で得られた反応の初期陽性波の振幅に対し, 2 Hz刺激で得られた反応の振幅はその50%, 10 Hz刺激ではその30%で, 刺激頻度の増加と共にさらに減少し, 15 Hz以上では反応は得られなかった。

### 4) 連続2発刺激に対する誘発電位の変化

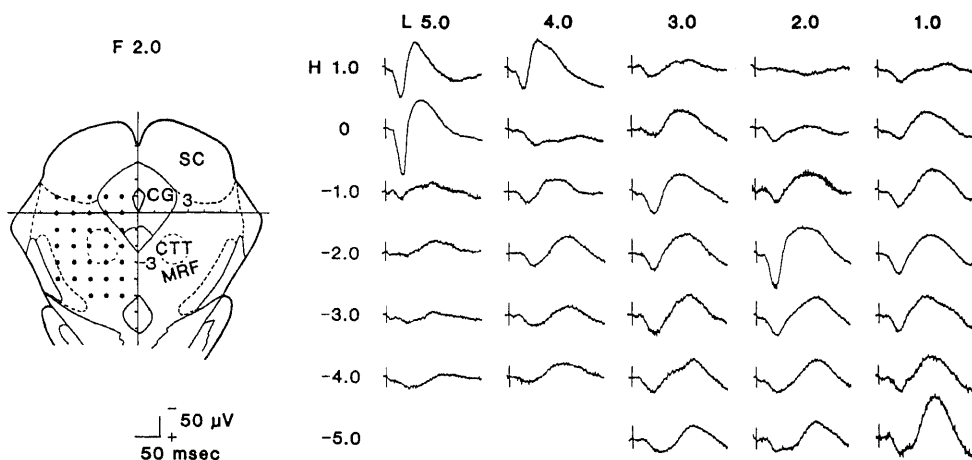
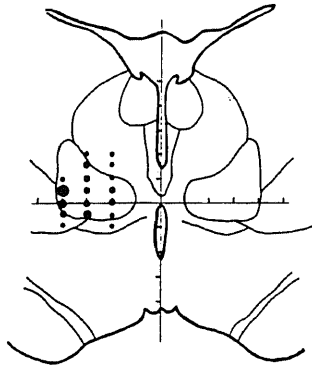


Fig. 5. Evoked potentials recorded in transverse section of F 2.0 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. Black dots indicate recorded sites. F 2.0 is the frontal plane of 2.0 mm ahead from the zero frontal plane. Horizontal position above zero is indicated H 1.0, while those below zero are designated H -1.0, H -2.0, etc. in millimeters. Lateral positions to the left or to the right of the midline are designated L 1.0, L 2.0, etc. in millimeters.

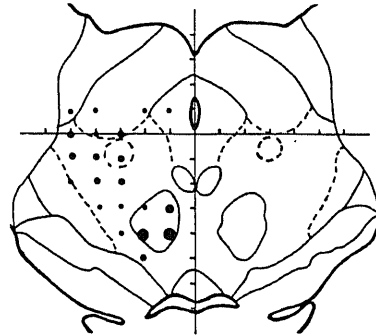
骨盤神経に閾値上強度の連続2発電気刺激を種々の間隔で与え、それによる誘発電位の変化を図10に示した。図10の右側のグラフは第1刺激で誘発された反応の初期陽性波の振幅に対して、第2刺激で誘発された反応の初期陽性波の振幅を百分率で表わす。刺激間

隔50 msecで初めて明瞭に第2刺激による反応が認められた。刺激間隔の延長につれて、第2刺激による反応は第1刺激による反応に近づき、150 msecで59%、300 msecで92%、400 msecで完全な回復を示した。

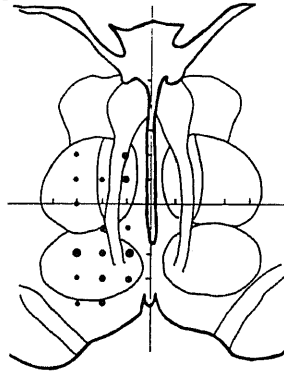
F 7.5



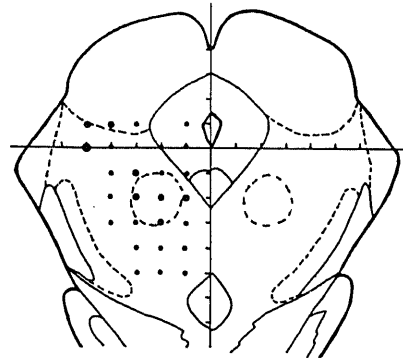
F 4.0



F 7.0



F 2.0



F 5.0

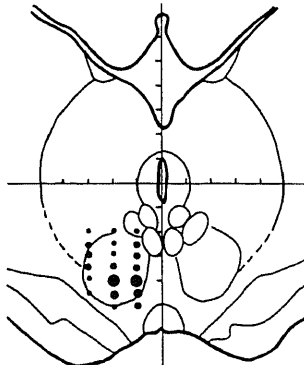


Fig. 6. Distribution of evoked potentials recorded in transverse sections from F2.0 to F7.5 by electric stimulation of contralateral pelvic nerve. The following symbols represent amplitude of first positive waves:  $\cdot$ , 25-49  $\mu$ V;  $\bullet$ , 50-99  $\mu$ V;  $\bullet$ , 100-149  $\mu$ V;  $\bullet$ , larger than 150  $\mu$ V.

## 5) パルビタール剤投与による誘発電位の変化

骨盤神経電気刺激による誘発電位におよぼすパルビタール剤の影響をみるために、短時間作用性の性質をもつサイアミラールソディウム 20 mg/kg を経静脈的に投与し、誘発電位の変化を経時的に観察した (図 11)。図 11 の左側は、投与前と投与後各時間の誘発電位であり、右側のグラフは初期陽性波の振幅の経時的变化を投与前コントロールに対する百分率で示したものである。振幅は投与 10 分後にはコントロールの

44%と最小になり、以後しだいに回復した。また、立ち上がり潜時もコントロールでは 22.3 msec, 投与 10 分後には 25.6 msec と最大に遅延し、以後次第にコントロールに近づいてきた。

## II. 中脳網様体における誘発電位

中脳網様体においても骨盤神経電気刺激により、基本的に陽一陰一陽性の 3 相性波が両側性に得られた。初期陽性波が  $25 \mu V$  以上の誘発電位が得られた部位は、ほぼ 2 つの領域に局限していた。1 つは中脳網様体

Table 1. Latency and amplitude of first positive waves

		Initial latency (msec) (mean $\pm$ S.D.)	Duration (msec) (mean $\pm$ S.D.)	Amplitude ( $\mu V$ ) (mean $\pm$ S.D.)
CM		(n=20) 20.1 $\pm$ 2.8	65.4 $\pm$ 24.4	62.6 $\pm$ 42.9
MRF	dorsolateralis	(n=15) 15.6 $\pm$ 1.9	28.1 $\pm$ 3.3	75.8 $\pm$ 26.1
	CTT	(n=15) 16.5 $\pm$ 3.2	34.2 $\pm$ 4.4	58.6 $\pm$ 32.3
RN		(n=15) 17.7 $\pm$ 2.5	44.8 $\pm$ 10.2	85.2 $\pm$ 23.3

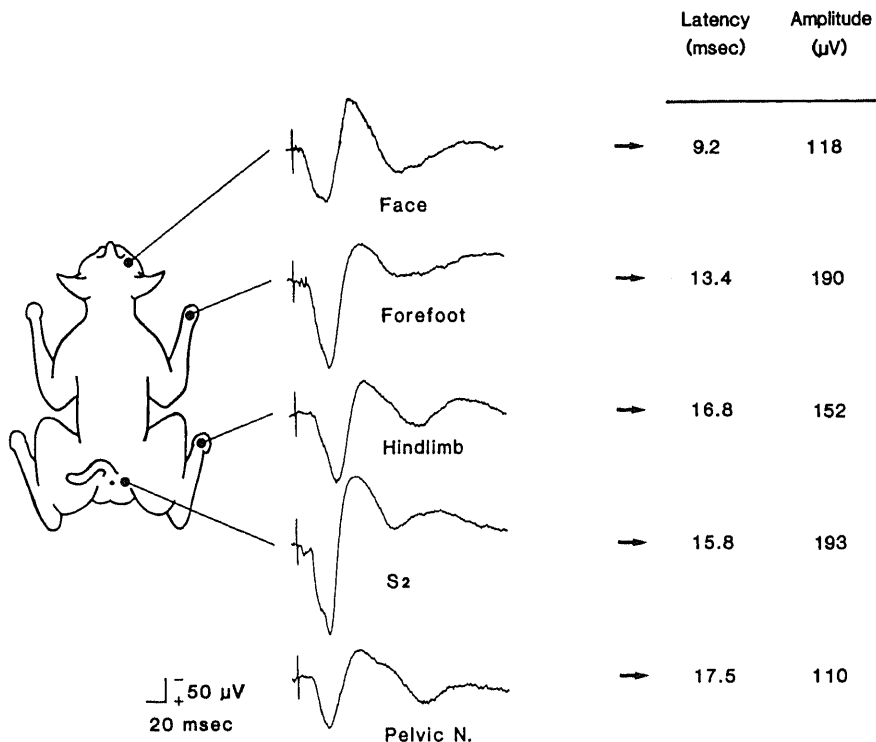


Fig. 7. Comparison of evoked potentials recorded in CM by electric stimulation of face, forefoot, hindlimb, second sacral nerve, and pelvic nerve. Latency and amplitude of first positive waves are shown.

背外側部であり(図4, 5, 6), もう1つは中心被蓋路を中心とした領域であった(図5, 6). これを初期陽性波の振幅が  $50 \mu\text{V}$  以上の大きな反応の得られた部位について限ってみると, 中脳網様体背外側で上丘の深部と, 中心被蓋路に限局された(図5, 6). 上丘深部で得られた反応については, 対側刺激の場合, 初期陽性波の立ち上がり潜時は  $15.6 \pm 1.9 \text{ msec}$  ( $n=15$ ), 頂点潜時は  $28.3 \pm 8.6 \text{ msec}$ , 持続は  $28.1 \pm 3.3 \text{ msec}$ , 振幅は  $75.8 \pm 26.1 \mu\text{V}$  であった. 中心被蓋路を中心とした領域では, 対側刺激の場合, 初期陽性波の立ち上がり潜時は  $16.5 \pm 3.2 \text{ msec}$  ( $n=15$ ), 頂点潜時は  $31.5 \pm 10.4 \text{ msec}$ , 持続は  $34.2 \pm 4.4 \text{ msec}$ , 振幅は  $58.6 \pm 32.3 \mu\text{V}$  であった(表1).

### Ⅲ. 赤核における誘発電位

赤核は中脳被蓋にあり, 細胞学的に大細胞部分と小細胞部分に分けられる. 骨盤神経電気刺激により両側の赤核で記録された誘発電位は, 基本的に陽一陰一陽性

の3相性波であった. 初期陽性波の振幅が  $25 \mu\text{V}$  以上の誘発電位が得られた部位は, 大細胞部分, 小細胞部分の両部位とも広範囲にわたっていた(図2, 3, 4, 6). 小細胞部分では, 初期陽性波の振幅が  $50 \mu\text{V}$  以上得られた部位はその中心部であった(図2, 6). 大細胞部分では, 初期陽性波の振幅が  $50 \mu\text{V}$  以上の部位はその中心から腹側部にかけてであったが, 特に内側腹側部では  $150 \mu\text{V}$  以上の大きな振幅の反応が得られた(図3, 4, 6). 対側刺激の場合, 初期陽性波の立ち上がり潜時は  $17.7 \pm 2.5 \text{ msec}$  ( $n=15$ ), 頂点潜時は  $32.9 \pm 9.3 \text{ msec}$ , 持続は  $44.8 \pm 10.2 \text{ msec}$ , 振幅は  $85.2 \pm 23.3 \mu\text{V}$  であった(表1). 同側刺激の初期陽性波の立ち上がり潜時は対側刺激のそれに近似しており, 振幅は対側刺激によるその平均93.9%であった.

### 考 察

自律神経を交感系と副交感系に分類することは Langley<sup>13)</sup> により確立され, その解剖学的特徴は, 前者が胸腰髄(thoraco-lumbar outflow)から出るのに対し, 後者は脳幹および仙髄(cranio-sacral outflow)

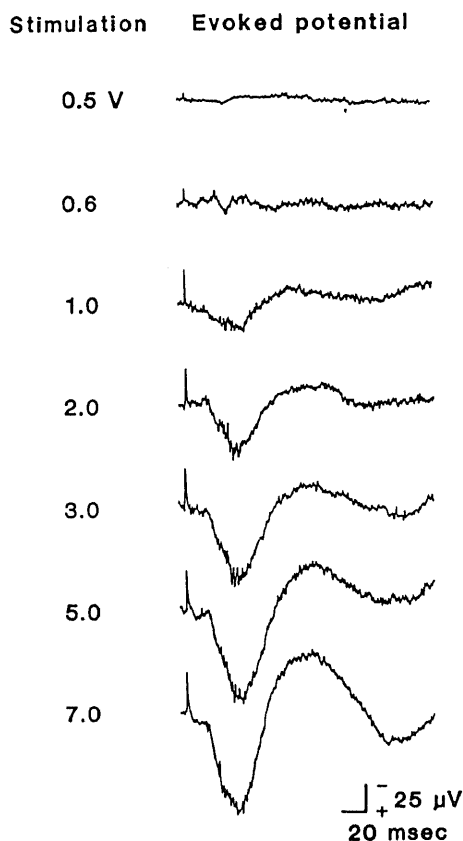


Fig. 8. Change of evoked potentials recorded in CM by varying intensity of pelvic nerve stimulation.

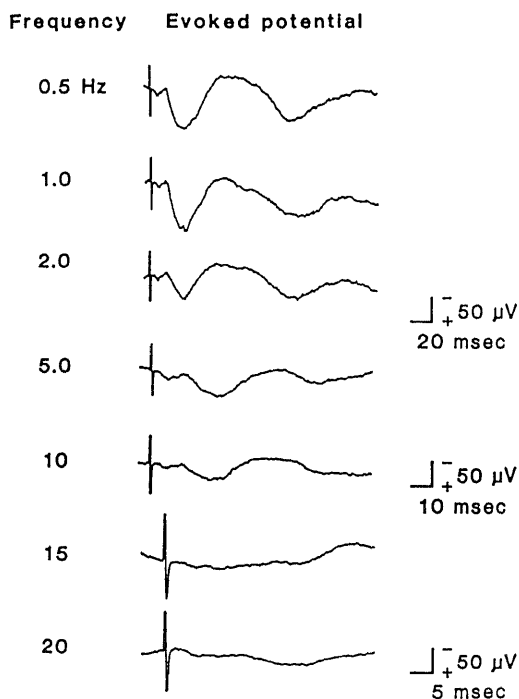


Fig. 9. Change of evoked potentials recorded in CM by repetitive electric stimulation of pelvic nerve. Pelvic nerve was stimulated at 0.5 to 20 Hz.



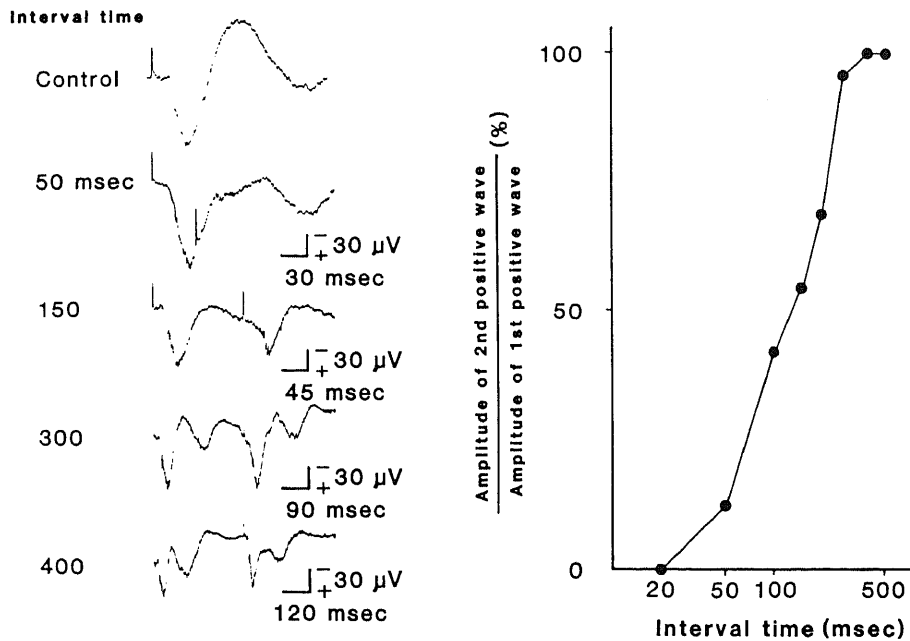


Fig. 10 Change of evoked potentials recorded in CM by double electric stimulation of pelvic nerve. Left: Evoked potentials responded to double stimulation of various interval are shown. Right: Amplitude of first positive waves recorded at second stimulation are shown as percentage to control.

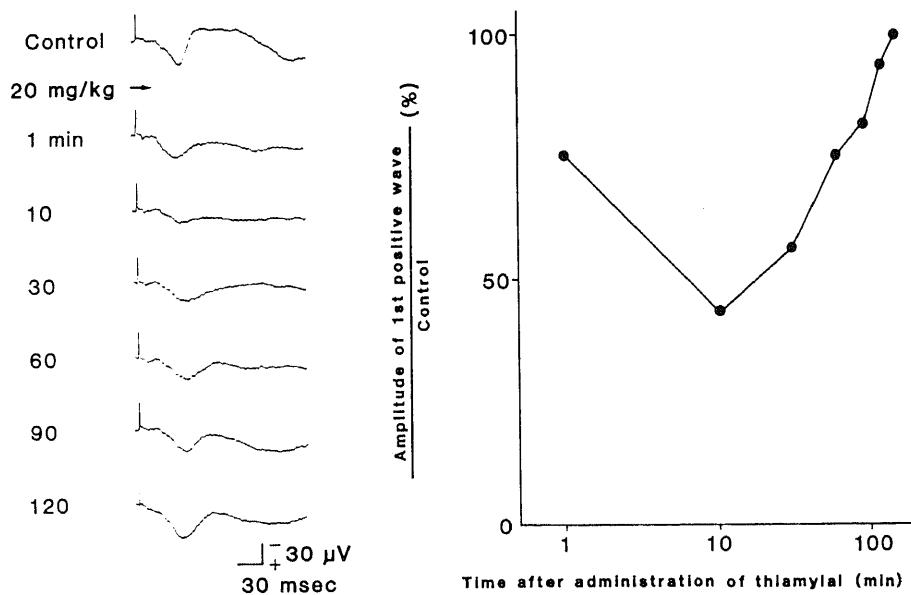


Fig. 11. Change of evoked potentials recorded in CM by stimulation of pelvic nerve after intravenous administration of thiamylal sodium. Thiamylal sodium was administered intravenously 20 mg/kg. Left: Evoked potentials recorded before and after administration are shown. Right: Amplitude of first positive waves after administration are shown as percentage to control.

より出ることである。自律神経の本来の定義は遠心系に限られ、内臓の神経に含まれる求心系の成分は、一般の体性神経と同等のものとされた<sup>14)</sup>。しかし、内臓神経、迷走神経あるいは骨盤神経などの内臓性神経には、多量の求心性線維が含まれ<sup>15)</sup>、機能的にはその中の遠心性成分とは不可分の関係にあり、自律神経の中に求心系を含める研究者が多い。

骨盤神経の生理的意義については、初期には外生殖器に対する血管拡張作用のみが注目され、Eckhard<sup>16)</sup>によって勃起神経(Nn. erigentes)と命名され、この名称は今もなお解剖学用語として集録されている。しかし、この神経の機能は単なる血管運動作用にとどまらない点より、Langley ら<sup>17)-19)</sup>は骨盤神経(pelvic nerve)と呼び、この呼称がより一般的に用いられている。骨盤神経の求心性線維については、Langley ら<sup>18)</sup>は、ネコ骨盤神経の有髄線維 3500 本のうち、3分の1は求心性線維であるとした。Patton<sup>15)</sup>は、ネコの内臓神経、迷走神経、および骨盤神経の求心性有髄線維の直径を調べ、内臓神経は $3\sim 4\mu$ と $8\sim 11\mu$ の2峰性のヒストグラムを、骨盤神経については $3\sim 4\mu$ に最大値を示す単峰性のヒストグラムを示し、骨盤神経の直径のヒストグラムは迷走神経のそれと類似すると述べた。イヌ<sup>20)</sup>とマウスの検索<sup>21)</sup>では骨盤神経中の有髄線維は極めて少ない。脊髄後根でみられる骨盤神経求心系の伝導速度は、ネコでは福田<sup>22)</sup>は $8\sim 10$  m/sec, Oliver ら<sup>23)</sup>は $3\sim 100$  m/sec(平均 33.8 m/sec), Ryall ら<sup>24)</sup>は $40$  m/secにもピークを持つが多くは $6$  m/secであるとした。Yamamoto ら<sup>1)</sup>および山本<sup>8)</sup>は、ネコ骨盤神経電気刺激により $S_2$ 後根から得られた神経電気記録図から、伝導速度が $50, 25, 12$  m/secにそれぞれピークを持つ3つの求心性成分を示し、それらのうちの大部分は $25$  m/sec以下のものであるとした。

誘発電位の成因については種々の考えがある。Cohen ら<sup>25)</sup>は末梢体性神経刺激で視床核から得られる $30$  msecの初期陽性成分を持つ誘発電位を記録し、その上昇相に大きなスパイクを認め、これを細胞の放電によるものと推定し、陽性相を後シナプス電位と考えた。一方、誘発電位の初期陽性相をMarshall<sup>26)</sup>は内側毛帯の軸索と終末部の陽性スパイクの加重に求め、Mountcastle ら<sup>27)</sup>は求心性インパルスと考えた。本実験では陽一陰一陽性の3相性の誘発電位を記録したが、初期陽性相のみをとってもその構成要素については種々の可能性があり、その結論は得られない。

骨盤神経求心路については系統的に研究がなされている。山本ら<sup>1)(2)(4)(6)-8)</sup>はネコにおいて骨盤神経の求心系は $S_1$ と $S_2$ 後根を経て仙髄へ進入していると述べた。沖<sup>28)</sup>は、ネコ骨盤神経電気刺激による脊髄からの

誘発電位を記録することにより、その髄節分布と灰白質での分布を検討し、主として $S_2$ の後角の頸部、いわゆるRexed V層に高電位の反応を記録した。Morgan ら<sup>29)</sup>はhorse radish peroxidaseを用いた組織学的実験で、骨盤神経求心系の主な線維はRexed V・VI層に投射すると報告した。骨盤神経求心系の脊髄内上行路については、山本ら<sup>1)(2)(4)(6)-8)</sup>は下部胸髄および腰髄では側索の背側部を占め、上部頸髄では側索の側方で表面に近い限局した部位を通ると述べた。北村ら<sup>9)</sup>は骨盤神経電気刺激による誘発電位を脊髄内で記録し、その反応は両側性に脊髄側索から得られ、上部頸髄では前側索から、下部胸髄では後側索を中心に得られ、後索からは得られなかったと述べた。延髄、橋レベルでは、山本ら<sup>1)(2)(4)(6)-8)</sup>は延髄下オリブ核の高さで外側網様体達すると述べた。石黒<sup>30)</sup>はネコ骨盤神経電気刺激で下位脳幹網様体から誘発電位を記録し、橋では吻側の背外側網様体、延髄では腹外側網様体で最も高電位のものが誘発され、背側網様体および腹内側網様体でも記録した。富子<sup>31)</sup>は、ネコ骨盤神経直腸枝および膀胱枝をそれぞれ電気刺激し、両枝の下位脳幹での誘発電位分布を比較し、中部延髄の背外側部孤束近傍では特に直腸枝の投射が優勢で、延髄腹外側網様体では両枝の投射間に抑制的相互干渉が認められると述べた。視床では、永谷ら<sup>10)</sup>が毛帯系の終末である後外側腹側核(ventral posterolateral nucleus, VPL)への投射について報告し、陽一陰一陽性の3相性波が両側性にVPLの背外側部で得られ、初期陽性波の立ち上がり潜時は $12.3\pm 1.4$  msecであると述べた。大脳皮質については、長谷川ら<sup>11)</sup>が、anterior sigmoid gyrusの後部、posterior sigmoid gyrusの前部、orbital sulcus後端沿いのectosylvian gyrusの前部、orbital gyrus, marginal gyrus前部から両側性に誘発電位を記録した。

視床断位における末梢知覚の投射路に関して毛帯系(lemniscal system)と毛帯外系(extralemniscal system)の両者の存在はよく知られている。Mountcastle ら<sup>27)</sup>やHunt ら<sup>32)</sup>は、バルビツレート麻酔下において視床腹側核群(ventrobasal complex, VB)の一部に触覚によって活動される細胞が存在することを明らかにし、対側のVBにおいて体局在性に投影していることを示し、毛帯系の求心性線維の伝達様式の特異性を報告した。それに対しStarzl ら<sup>33)(34)</sup>、French ら<sup>35)</sup>は、この毛帯系のほかにこれらの求心感覚路から側枝が出て脳幹網様体を上行し、視床内側部核ないし髄板内核群に投射する視床汎性投射系が存在することを報告し、毛帯系に対し毛帯外系と呼んだ。この求心感覚路は、潜時、持続時間等の生理学的性格を毛帯系

とは異にしている。神経解剖学的検索では Nauta 染色の応用により CM に終わる一次変性線維があることが、Nauta ら<sup>36)</sup>、Anderson ら<sup>37)</sup>、Bowsher<sup>38)39)</sup>によって明らかにされ、形態学的にも脊髓前側索を介し視床髄板内核群、特に CM に上行する線維が明らかとなった。この脊髓前側索および前索を上行する経路を久留<sup>40)</sup>は 3 つに分類した。第 1 の外側脊髓視床路は、痛覚を伝導し、脊髓では錐体路に接して歯状靱帯のやや後ろよりその前方の限られた範囲を占め、延髄下部では三叉神経延髄路の直腹側周辺に位置し、延髄上端では錐体と顔面神経の出口とのあいだ、橋では外側毛帯内および下丘の腹外方、中脳では内側毛帯の背側端に接して位置し、次いで視床の VPL に至る。第 2 の前脊髓視床路は、原始的触覚を伝え、脊髓前索を上行し、延髄では外側脊髓視床路の内側、中脳ではその内側に近接し内側毛帯に密に交わり VPL に達する。第 3 の経路は脊髓延髄路であり、脊髓では外側および前脊髓視床路の中間に位置しながら上行して延髄に終わるが、さらに視床を介し大脳皮質へ至る経路が存在すると推定している。一方、脊髓視床路を新脊髓視床路 (neospinothalamic tract) と古脊髓視床路 (paleospinothalamic tract) に分類する考えがある<sup>41)~45)</sup>。前者は脳幹では被蓋外側部と内側毛帯の一部を形成して視床の VB、主として VPL に終わり、後者は脊髓網様体視床路とも呼ばれ、脳幹網様体内側を経由し、いくつかのニューロンを変えて上行する多シナプス性の経路で、視床髄板内核群に終わる経路である。両者の関係については明らかでない<sup>46)</sup>。また脊髓視床路に関しては動物の種による差異が著明である。ヒトの脊髓視床路の線維は、Marchi 染色法では大部分の線維は VPL に終わり、ごく少数の線維が髄板内核群に終わるが、ネコの脊髓では視床に直接線維を送るのは上部頸髄のみであり、ヒトの外側脊髓視床路に類似する走行をとるのは、第 1~第 2 頸髄の外側頸核より出る頸髄視床路である<sup>47)</sup>。しかも、この核はイヌおよびネコでは著明であるがヒトには認められずサルにおいてわずかに存在するのみである。

毛帯外系や古脊髓視床路の視床断位における終末である髄板内核群のうち、特に CM はその基幹をなしている。Kruger ら<sup>48)</sup>、Albe-Fessard ら<sup>49)</sup>は CM において侵害刺激による電位発射を記録し、疼痛知覚における髄板内核群の意義を深めた。彼らは四肢に刺入したスチール針を介して電気刺激を与え誘発電位を記録し、前肢刺激に対し潜時 11.5~12.2 msec、後肢刺激に対して 16.2 msec の反応を得た。そして CM ではすべての体部から反応が得られたが、体局在性は明確ではなかったと述べた。Dong ら<sup>50)</sup>の報告でも同様に体局

在性を認めなかった。内臓神経電気刺激による CM での誘発電位の記録については渡辺<sup>51)</sup>の報告があり、両側性に潜時 17.7±1.7 msec の反応を記録した。迷走神経の CM への投射については、Dell ら<sup>52)~54)</sup>がネコを用いて潜時の長い反応 (15~20 msec) を 2~3 個の反復電気刺激で得ている。浜辺<sup>55)</sup>は一側の頸部迷走神経を電気刺激して誘発電位を記録しているが、視床断位においては CM で両側性に最も多くの点で採取され、その平均潜時は 16~17 msec であると述べた。

本実験で、骨盤神経刺激により視床髄板内核群において、主として CM と Pf において、両側性に陽一陰一陽性の 3 相性波が得られた (図 1, 2)。反応が得られた部位は CM の広範囲にわたっており (図 1, 2, 6)、VPL では最外側部の背側に局在していたという永谷<sup>10)</sup>の報告と対照的である。初期陽性波の立ち上がり潜時も VPL では 12.3±1.4 msec であるのに対し CM では 20.1±2.8 msec であり、両者には顕著な差が認められた。また CM の中で骨盤神経刺激により大きな振幅の反応が得られた部位に電極を固定し、各体表に電気刺激を行なったところ、四肢と軀幹の体表刺激で反応が得られ、収束が認められた (図 7)。立ち上がり潜時は前肢刺激では 13.4 msec、後肢刺激では 16.8 msec であり (図 7)、この結果は Albe-Fessard ら<sup>49)</sup>の結果とほぼ一致している。骨盤神経刺激による反応の立ち上がり潜時と振幅が 17.5 msec、110  $\mu$ V であるのに対し、骨盤神経とほぼ等距離で、S<sub>2</sub> 知覚領域である<sup>56)</sup>肛門周囲の皮膚刺激でのそれらは、15.8 msec、193  $\mu$ V であり (図 7)、骨盤神経の方が立ち上がり潜時は長く、振幅は小さかった。これらの事実は、骨盤神経の CM への投射は体性神経のそれに比し、多シナプス性、細線維性の他に、投射量が少ないことを示唆する。CM で骨盤神経刺激により得られた反応の分布は広範囲にわたり、局在が明確でなかったということ (図 1, 2, 6) は、体性神経や内臓神経の CM での局在がはっきりしないという過去の報告<sup>48)~50)</sup>に類似する。バルビタール剤の神経系に対する作用については多くの研究がある。French ら<sup>57)</sup>は、体性感覚誘発電位は脳幹網様体においては、大脳皮質知覚領におけるよりも遙かに著明にペントバルビタールによって抑制されたので、この薬剤の麻酔機序は脳幹に働くと推論した。Albe-Fessard ら<sup>58)</sup>は、視床の CM を経て大脳皮質に投射する体性感覚誘発電位のペントバルビタールによる抑制を観察した。Yamamoto ら<sup>59)</sup>は、大脳皮質および脳幹網様体の誘発単位発射を同時に記録することにより、シナプスを多く含む経路ほどこの薬剤に敏感であると主張した。Abrahamian ら<sup>60)</sup>はバルビタール剤は毛帯外系を抑制しないことを観察した。本実験にお

いて、サイアミラールソディウムの投与によって反応は抑制された(図 11)。また、連続 2 発刺激による回復曲線では、完全な回復に 400 msec の刺激間隔を要し(図 10)、15 Hz 以上の高頻度刺激では反応が得られなかった(図 9)。さらに CM では誘発電位の立ち上がり潜時が長い(表 1)。これらの所見は骨盤神経求心系の CM への投射経路は脳幹網様体を介した多シナプス性であることを明示し、この経路は体性神経と同じ毛帯外系に属し、古脊椎視床路を上行していると推定される。

中脳レベルにおける上行路については、Mehler ら<sup>61)</sup>はサルの脊髓前側索の切離実験によって上丘の深部に脊椎視床路を見出した。Robertson ら<sup>62)</sup>は、ネコにおいて尾側橋の神経細胞の多くは中脳レベルへは網様体のほぼ中心部を通る中心被蓋路と上丘の深層に線維を送ると報告した。Morin<sup>63)</sup>はネコ体性神経の電気刺激により、中脳被蓋の外側と内側への投射を見出した。内臓神経電気刺激による中脳網様体での誘発電位の記録については、渡辺<sup>64)</sup>が中心被蓋路において両側性に潜時  $15.9 \pm 0.5$  msec の誘発電位を記録した。迷走神経の電気刺激による誘発電位は、浜辺<sup>55)</sup>が中脳網様体と中心灰白質において両側性に記録し、潜時は前者では 11.7 msec、後者では 12.0 msec と報告した。

本実験では、中脳網様体において骨盤神経電気刺激により  $50 \mu\text{V}$  以上の誘発電位が得られた部位は 2 つの領域であった。1 つは中脳網様体背外側部であり(図 4, 5, 6)、この部位は内側毛帯の背外側部で、外側脊椎視床路に相当する。他の 1 つは脊椎網様体視床路に相当する中心被蓋路を中心とした部位である(図 5, 6)。これらは、体性神経の伝導路にほぼ一致している。

赤核は解剖学的に中心被蓋では最も明瞭な核であり、細胞学的には尾側の大細胞部分と吻側の小細胞部分より成っている<sup>64)</sup>。Massion ら<sup>65)</sup>はクロラローゼ麻酔下のネコで、体性神経の電気刺激により大細胞と小細胞の両部位から誘発単位発射を記録した。Nakahama ら<sup>66)</sup>や Nishioka ら<sup>67)</sup>は、ネコにおいて体性感覚の赤核大細胞部分への投射について調べ、有効な刺激は皮膚への触知や関節の動きなどであり、その投射に体局在性の再現性を認め、顔面は背外側へ、頸部は背側へ、背部から尾部にかけては腹側へ投射していると報告した。Larsen ら<sup>68)</sup>は、サルにおいて電気刺激で赤核から体性感覚の誘発単位発射を記録し、小細胞部分と大細胞部分に連続性のある体局在性を認めた。一方で Nishioka ら<sup>67)</sup>によれば、体性神経の赤核大細胞部分への投射は、特殊投射系の視床や大脳皮質の投射に比べて広い範囲を占め、一部のニューロンでは身体各部位の刺激に対し一様に反応が得られ、それは

赤核尾側の部分に多くみられる。また、Fanardjian ら<sup>69)</sup>や Ghez<sup>70)</sup>も赤核の大部分の細胞は身体の広い範囲から投射を受けていると述べている。本実験で骨盤神経電気刺激により赤核の大細胞部分、小細胞部分のいずれからも陽一陰一陽性の 3 相性波が広範囲に両側性に得られ、特にその内腹側部から  $150 \mu\text{V}$  以上の大きな誘発電位が得られた(図 3, 4, 6)ことは、体性神経についての報告<sup>66)~68)</sup>と類似している。

赤核への体性神経の投射は主として小脳核および大脳皮質からであり、脊髄から赤核への直接の求心路は証明されていない<sup>36)37)64)</sup>。しかし Nishioka ら<sup>67)</sup>は、体性神経触覚刺激による赤核での誘発電位発射を、小脳除去や大脳皮質除去後にも検出できたことより、小脳や大脳皮質を介さない脊髄から赤核への投射があると推定した。本実験で骨盤神経電気刺激により赤核から得られた誘発電位の立ち上がり潜時(表 1)が、大脳皮質誘発電位で報告されたそれ<sup>11)</sup>に比べ短いことより、骨盤神経求心系の一部に大脳皮質を介さない赤核への投射経路の存在が推定される。また、骨盤神経刺激による赤核での誘発電位は CM でのそれに比して、短潜時、大振幅であり(表 1)、赤核が機能的に重要な核であることを示すが、赤核が上位脳への中継をなすか、あるいは反射中枢としての働きをもつかに関しては明らかでない。

## 結 論

浅麻酔非動化ネコの骨盤神経を電気刺激し、毛帯外系に属する視床髄板内核群、中脳網様体、および中脳網様体のほぼ中央に位置する赤核において誘発電位を記録した。

1. 視床髄板内核群では、主として正中中心核と束傍核から陽一陰一陽性の 3 相性波が両側性に広範囲に得られた。初期陽性波の立ち上がり潜時は  $20.1 \pm 2.8$  msec ( $n=20$ )、持続は  $65.4 \pm 24.4$  msec、振幅は  $62.6 \pm 42.9 \mu\text{V}$  であった。

2. 視床髄板内核群の基幹である正中中心核において、15 Hz 以上の高頻度刺激で反応が消失し、連続 2 発刺激による回復過程では完全回復に 400 msec の刺激間隔を要した。骨盤神経刺激により最大の反応が得られた部位に電極を固定し、体表皮膚節を電気刺激したところ、体表刺激による誘発電位が得られ、正中中心核への収束を認めた。サイアミラールソディウム 20 mg/kg の経静脈的投与により反応が抑制され、完全回復に 120 分を要した。

3. 中脳網様体では背外側部の上丘深部と中心被蓋路の 2 つの領域から、陽一陰一陽性の 3 相性波が両側性に得られた。初期陽性波の立ち上がり潜時は前者で

は  $15.6 \pm 1.9$  msec ( $n=15$ ), 後者では  $16.5 \pm 3.2$  msec ( $n=15$ ), 持続は前者では  $28.1 \pm 3.3$  msec, 後者では  $34.2 \pm 4.4$  msec, 振幅は前者では  $75.8 \pm 26.1$   $\mu$ V, 後者では  $58.6 \pm 32.3$   $\mu$ V であった。

4. 赤核では大細胞部分と小細胞部分の両部位から広範囲にわたって、陽一陰一陽性の3相性波が両側に得られ、大細胞部分の内側腹側部では  $150$   $\mu$ V 以上の大きな振幅の反応が得られた。初期陽性波の立ち上がり潜時は  $17.7 \pm 2.5$  msec ( $n=15$ ), 持続は  $44.8 \pm 10.2$  msec, 振幅は  $85.2 \pm 23.3$   $\mu$ V であった。

以上より、骨盤神経求心系は視床髄板内核群、中脳網様体および赤核へ投射し、正中中心核への投射は体局在性を示さず、脳幹網様体を介した多シナプス性の反応であると推定される。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御懇篤な御指導と御校閲を賜りました恩師山本信二郎教授に深甚の謝意を表します。また本研究の遂行にあたり常に適切な御指導と御教示を賜った福井医科大学脳神経外科学教室伊藤治英助教授、本学長谷川健講師他教室員の皆様に深く感謝致します。

なお、本研究の要旨は第37回日本自律神経学会総会(1984年)において発表した。

## 文 献

- 1) Yamamoto, S., Araki, K. & Kikuchi, M.: Abdominal muscle reflexes of pelvic nerve origin in cats. *Exp. Neurol.*, **4**, 345-357 (1961).
- 2) Yamamoto, S., Araki, K. & Kikuchi, M.: Electromyographic study on reflex activity in abdominal wall muscles and diaphragm following pelvic afferent excitation in cats. *Tohoku J. Exper. Med.*, **75**, 375-383 (1961).
- 3) Sweet, W. H.: Pain, p459-506. *In* J. Field (ed.), *Handbook of physiology*, Sec. 1, Neurophysiology vol. 1, 1st ed. Amer. Physiol. Soc., Washington. D. C., 1959.
- 4) 山本信二郎: 腹圧反射より見た内臓知覚の問題, *脳神経*, **14**, 99-104 (1962).
- 5) 山本信二郎: 痛みの伝導路, *臨床生理*, **3**, 31-36 (1973).
- 6) Yamamoto, S. & Araki, K.: Intra-abdominal pressure response to medullary stimulation in cats. *Exp. Neurol.*, **5**, 110-119 (1962).
- 7) Yamamoto, S., & Araki, K.: Influence of brain stem on intra-abdominal pressure reflex of pelvic nerve origin. *Exp. Neurol.*, **7**, 35-45 (1963).
- 8) 山本信二郎: 体性と内臓性の間—Oro-Anal System—神経支配の特異性, *生体の科学*, **15**, 45-52 (1964).
- 9) 北村佳久・伊藤治英・山本信二郎: ネコ骨盤神経求心系の脊髓内伝導路, *自律神経*, **21**, 328-335 (1984).
- 10) 永谷 等・北村佳久・長谷川健・伊藤治英・山本信二郎: ネコ骨盤神経求心系の視床外側腹側核への投射, *自律神経*, **21**, 434-444 (1984).
- 11) 長谷川健・伊藤治英・山本信二郎: ネコ骨盤神経求心系の大脳皮質への投射, *自律神経*, **16**, 237-244 (1979).
- 12) Jasper, H. H. & Ajmone-Marsan, C.: A stereotaxic atlas of the diencephalon of the cat, 2nd ed. The national research council of Canada, Canada, 1960.
- 13) Langley, J. N.: On the reaction of cells and of nerveendings to certain poisons, chiefly as regards the reaction of striated muscle to nicotine and to curari. *J. Physiol.*, **33**, 374-413 (1905).
- 14) Langley, J. N.: *Brain*, **26**, 1-26 (1903).
- 15) Patton, H. D.: Taste, olfaction, and visceral sensation, p377-398. *In* J. F. Fulton (ed.), *A textbook of physiology*, 17th ed. W. B. Saunders, Philadelphia, 1955.
- 16) Eckhard, C.: Die Erektion des Penis beim Hunde. *Beitr. Anat. Physiol.*, **3**, 123-166 (1863).
- 17) Langley, J. N. & Anderson, H. K.: On the innervation of the pelvic and adjoining viscera. Part I. The lower portion of the intestine. *J. Physiol.*, **18**, 67-105 (1985).
- 18) Langley, J. N. & Anderson, H. K.: The innervation of the pelvic and adjoining viscera. Part VI. Histological and physiological observations upon the effects of section of the sacral nerves. *J. Physiol.*, **19**, 372-384 (1895).
- 19) Langley, J. N. & Anderson, H. K.: The innervation of the pelvic and adjoining viscera. Part VII. Anatomical observations. *J. Physiol.*, **20**, 372-409 (1886).
- 20) 福山右門: 骨盤内臓神経の線維分析, *自律神経*, **6**, 3-5 (1969).
- 21) 井村正人: 雄性廿日鼠の骨盤臓器に分布する神経, 特に膀胱の神経支配について, *十全医会誌*, **63**, 295-322 (1959).
- 22) 福田 弘: 排尿反射の求心性経路に関する研究, *日外会誌*, **57**, 1481-1493 (1956).
- 23) Oliver, J. E. JR., Bradley, W. E. & Fletcher, T. F.: Spinal cord representation of the micturition

reflex. *J. Comp. Neurol.*, **137**, 329-346 (1969).

24) Ryall, R. W. & Piercey, M. F.: Visceral afferent and efferent fibers in sacral ventral roots in cats. *Brain Res.*, **23**, 57-65 (1970).

25) Cohen, S. M. & Grundfest, H.: Thalamic loci of electrical activity initiated by afferent impulses in cat. *J. Neurophysiol.*, **17**, 193-207 (1954).

26) Marshall, W. H.: Observations on sub-cortical somatic sensory mechanisms of cats under nembutal anesthesia. *J. Neurophysiol.*, **4**, 25-45 (1941).

27) Mountcastle, V. & Henneman, E.: Pattern of tactile representation in thalamus of cat. *J. Neurophysiol.*, **12**, 85-99 (1949).

28) 沖 春海: ネコ骨盤神経求心系の仙髄への投射. 十全医会誌, **87**, 22-34 (1978).

29) Morgan, C., Nadelhaft, I. & Groat, W. C.: The distribution of visceral primary afferents from the pelvic nerve to Lissauer's tract and the spinal gray matter and its relationship to the sacral parasympathetic nucleus. *J. Comp. Neurol.*, **201**, 415-440 (1981).

30) 石黒修三: 下位脳幹における骨盤神経求心系の投射ならびに投射部位の相互関係について. 十全医会誌, **81**, 44-64 (1962).

31) 富子達史: 骨盤神経直腸枝および膀胱枝の下位脳幹への投射. 十全医会誌, **85**, 321-333 (1976).

32) Hunt, W. E. & O'leary, J. L.: Form of thalamic response evoked by peripheral nerve stimulation. *J. Comp. Neurol.*, **97**, 491-514 (1952).

33) Starzl, T. E. & Magoun, H. W.: Organization of the diffuse thalamic projection system. *J. Neurophysiol.*, **14**, 134-146 (1951).

34) Starzl, T. E., Taylor, C. W. & Magoun, H. W.: Collateral afferent excitation of reticular formation of brain stem. *J. Neurophysiol.*, **14**, 479-496 (1951).

35) French, J. D., Verzeano, M. & Magoun, H. W.: An extralemniscal sensory system in the brain. *Arch. Neurol. Psychiat.*, **69**, 505-518 (1953).

36) Nauta, W. J. H. & Kuypers, H. G. J. M.: Some ascending pathways in the brain stem reticular formation, p3-31. In H. H. Jasper & L. D. Proctor (ed.), *Reticular formation of the brain*, 1st ed. Little and Brown, Boston, 1958.

37) Anderson, F. D. & Berry, C. M.: Degeneration studies of long ascending fiber systems in the

cat brain stem. *J. Comp. Neurol.*, **111**, 195-229 (1959).

38) Bowsher, D.: Termination of the central pain pathway in man: The conscious appreciation of pain. *Brain*, **80**, 606-622 (1957).

39) Bowsher, D.: The termination of secondary somatosensory neurons within the thalamus of *Macaca mulatta*: An experimental degeneration study. *J. Comp. Neurol.*, **117**, 213-228 (1961).

40) 久留 勝: 人体脊髓並に脳幹に於ける知覚伝導経路, 覆刻版, 164-182 頁, 木村書店, 東京, 1976.

41) Albe-Fessard, D.: Central nervous mechanisms involved in pain analgesia, p131-168. In R. K. S. Lim (ed.), *Pharmacology of pain*, 1st ed. Pergamon Press, Oxford, 1968.

42) Bowsher, D. & Albe-Fessard, D.: The anatomophysiological basis of somatosensory discrimination. *Int. Rev. Neurobiol.*, **8**, 35-75 (1965).

43) Bowsher, D.: Role of the reticular formation in responses to noxious stimulation. *Pain*, **2**, 361-378 (1976).

44) Mehler, W. R.: The mammalian "Pain tract" in phylogeny. *Anat. Rec.*, **127**, 332 (1957).

45) Mehler, W. R.: Some neurological species differences-a posteriori. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **167**, 424-468 (1969).

46) Fields, H. L. & Anderson, S. D.: Comparison of spinoreticular and spinothalamic projections in the cat, p279-283. In J. J. Bonica & D. Albe-Fessard (ed.), *Advances in pain research and therapy*, vol. 1, 1st ed. Raven Press, New York, 1976.

47) 草間敏夫: 痛覚の解剖学. 神経進歩, **11**, 24-45 (1967).

48) Kruger, L. & Albe-Fessard, D.: Distribution of responses to somatic afferent stimuli in the diencephalon of the cat under chloralose anesthesia. *Exp. Neurol.*, **2**, 442-467 (1960).

49) Albe-Fessard, D. & Kruger, L.: Duality of unit discharges from cat centrum medianum in response to natural and electrical stimulation. *J. Neurophysiol.*, **25**, 3-20 (1962).

50) Dong, W. K., Ryu, H. & Wagman, I. H.: Nociceptive responses of neurons in medial thalamus and their relationship to spinothalamic pathways. *J. Neurophysiol.*, **41**, 1592-1613 (1978).

51) 渡辺洋字: 内臓神経求心系の視床断位における

投射の研究. 十全医会誌, 71, 192-218 (1965).

52) Dell, P. & Olson, R.: Projections thalamiques, corticales et cérébelleuses des afférences viscérales vagues. C. R. Soc. Biol. (Paris), 145, 1084-1088 (1951).

53) Dell, P. & Olson, R.: Projections "secondaires" mésencéphaliques, diencéphaliques et amygdaliennes des afférences viscérales vagues. C. R. Soc. Biol. (Paris), 145, 1088-1091 (1951).

54) Dell, P.: Corrélations entre le système végétatif et le système de la vie de relation. Mésencéphale, diencéphale et cortex cérébral (1). J. Physiol. (Paris), 44, 471-557 (1952).

55) 浜辺 昇: 迷走神経求心性機構に関する研究. 十全医会誌, 74, 91-120 (1966).

56) 山内利夫: 食用蛙及び猫のデルマトームに関する電気生理学的研究. 十全医会誌, 56, 822-837 (1954).

57) French, J. D., Verzeano, M. & Magoun, H. W.: A neural basis of the anesthetic state. Arch. Neurol. Psychiat., 69, 519-529 (1953).

58) Albe-Fessard, D. & Rougeul, A.: Activités d'origine somesthésique évoquées sur le cortex non-spécifique du chat anesthésié au chloralose: Rôle du centre médian du thalamus. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 10, 131-152 (1958).

59) Yamamoto, S. & Schaeppi, U.: Effects of pentothal on neural activity in somatosensory cortex and brain stem in cat. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 13, 248-256 (1961).

60) Abrahamian, H. A., Allison, T., Goff, W. R. & Rosner, B. S.: Effects of thiopental on human cerebral evoked responses. Anesthesiology, 24, 650-657 (1963).

61) Mehler, W. R., Feferman, M. E. & Nauta, W. J. H.: Ascending axon degeneration following anterolateral cordotomy. An experimental study in the monkey. Brain, 83, 718-750 (1960).

62) Robertson, R. T. & Feiner, A. R.: Diencephalic projections from the pontine reticular formation: autoradiographic studies in the cat. Brain Res., 239, 3-16 (1982).

63) Morin, F.: Afferent projections to the mid-brain tegmentum and their spinal course. Amer. J. Physiol., 172, 483-496 (1953).

64) Massion, J.: The mammalian red nucleus. Physiol. Rev., 47, 383-436 (1967).

65) Massion, J. & Albe-Fessard, D.: Dualité des voies sensorielles afférentes contrôlant l'activité du noyau rouge. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 15, 435-454 (1963).

66) Nakahama, H., Aikawa, S. & Nishioka, S.: Somatic sensory properties of red nucleus neurons. Brain Res., 12, 264-267 (1969).

67) Nishioka, S. & Nakahama, H.: Peripheral somatic activation of neurons in the cat red nucleus. J. Neurophysiol., 36, 296-307 (1973).

68) Larsen, K. D. & Yumiya, H.: The red nucleus of the monkey, Exp. Brain Res., 40, 393-404 (1980).

69) Fanardjian, V. V. & Manvelian, I. A.: Neuronal analysis of skin sensitivity representation in the red nucleus of the alert cat. Neuroscience, 3, 109-111 (1978).

70) Ghez, C.: Input-output relations of the red nucleus in the cat. Brain Res., 98, 93-108 (1975).

**Projections of Pelvic Nerve Afferents to the Intralaminar Nuclei, Mesencephalic Reticular Formation and the Red Nucleus of Cat** Kouichi Wakamatsu, Department of Neurosurgery, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920 - J. J. J. Med. Soc., 95, 145-160 (1986)

**Key words:** pelvic nerve, intralaminar nuclei, centromedian nucleus, red nucleus, mesencephalic reticular formation

#### Abstract

Projections of pelvic nerve afferents to the intralaminar nuclei, mesencephalic reticular formation, and the red nucleus were studied by averaged evoked potentials in slightly anesthetized and immobilized cats. In the intralaminar nuclei, triphasic positive-negative-positive waves

were recorded bilaterally from broad area in the centromedian and parafascicular nuclei. The initial latency of first positive waves was  $20.1 \pm 2.8$  msec ( $n=20$ ), their duration was  $65.4 \pm 24.4$  msec and their amplitude was  $62.6 \pm 42.9$   $\mu$ V. In the centromedian nucleus, the evoked potential vanished at repetitive stimulation of 15 Hz and above. At double stimulation of pelvic nerve, a stimulus interval larger than 400 msec was needed for complete recovery of response. Under intravenous administration of thiamylal sodium (20 mg/kg), the evoked potential was suppressed, and an interval of 120 minutes was needed for complete recovery of response. In mesencephalic reticular formation, triphasic positive-negative-positive waves were recorded bilaterally from two areas. One was a dorsolateral area of mesencephalic reticular formation and the other was a central tegmental tract. In the dorsolateral area of mesencephalic reticular formation, the initial latency of first positive waves was  $15.6 \pm 1.9$  msec ( $n=15$ ), their duration was  $28.1 \pm 3.3$  msec and their amplitude was  $75.8 \pm 26.1$   $\mu$ V. In the central tegmental tract, the initial latency of first positive waves was  $16.5 \pm 3.2$  msec ( $n=15$ ), their duration was  $34.2 \pm 4.4$  msec and their amplitude was  $58.6 \pm 32.3$   $\mu$ V. In the red nucleus, triphasic positive-negative-positive waves were recorded bilaterally from broad area of magnocellular part and parvocellular part. Prominent responses with the first positive wave larger than 150  $\mu$ V in amplitude were recorded from ventral medial part of magnocellular part. The initial latency of first positive waves was  $17.7 \pm 2.5$  msec ( $n=15$ ), their duration was  $44.8 \pm 10.2$  msec and their amplitude was  $85.2 \pm 23.3$   $\mu$ V. The present study shows pelvic nerve afferents are projected to the intralaminar nuclei, mesencephalic reticular formation, and the red nucleus. It is suggested that pelvic nerve afferent pathway to the centromedian nucleus is polysynaptic in nature and passes through the reticular formation of brain stem.